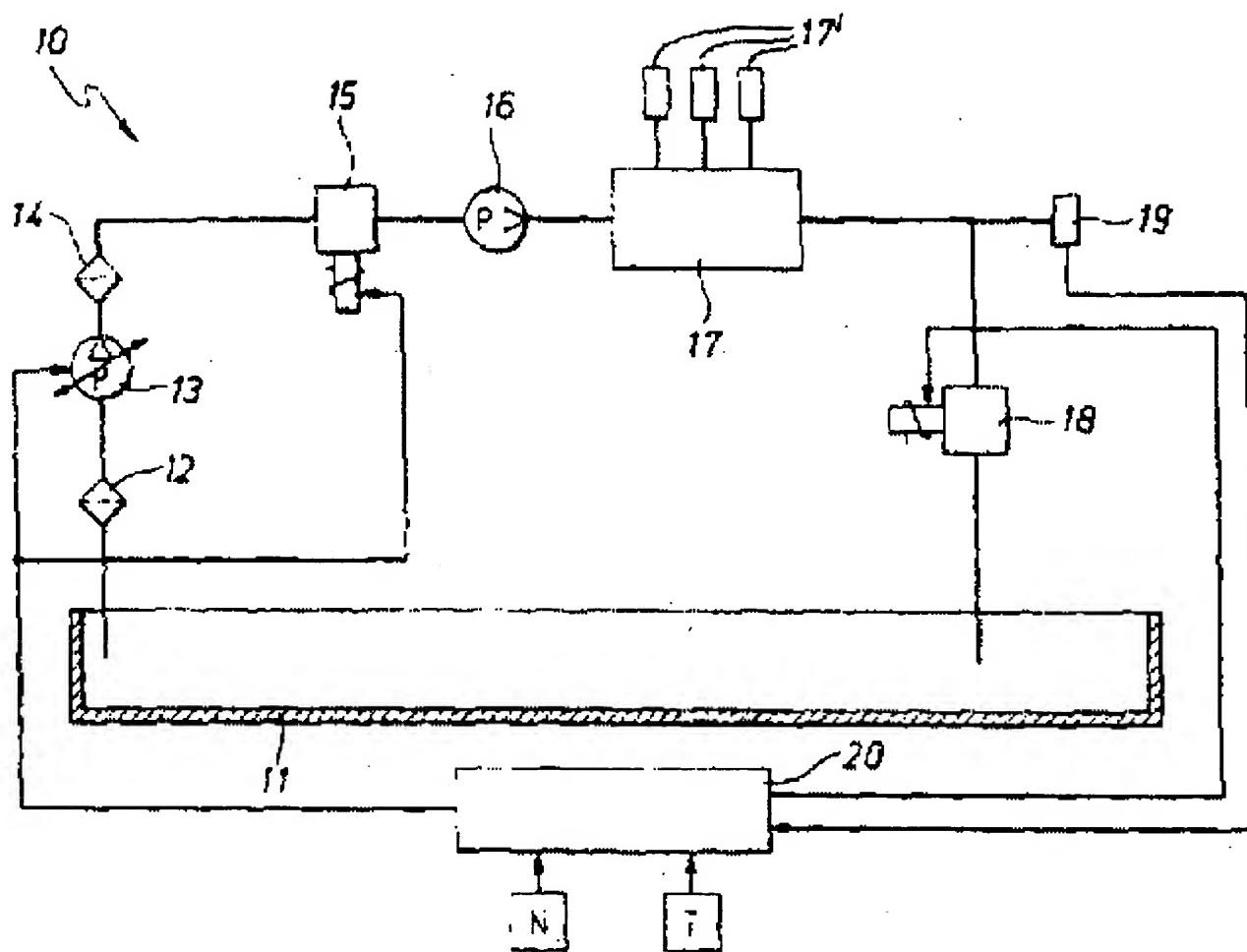


AN: PAT 2003-202441  
TI: Operating internal combustion engine, especially for motor vehicle, involves determining individual characteristic of pressure regulating valve while internal combustion engine operating  
PN: DE10131507-A1  
PD: 23.01.2003  
AB: NOVELTY - The method involves delivering fuel from a high pressure pump (16) into a pressure reservoir (17) and limiting the pressure in the reservoir using a pressure regulating valve (18). The individual characteristic of the valve is determined while the engine is operating. A statistically averaged characteristic is derived for a number of valves and the individual characteristic determined from the statistically averaged characteristic. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: a computer program for a controller for an internal combustion engine, especially for motor vehicle, suitable for implementing the method, a controller and an internal combustion engine.; USE - For operating internal combustion engine, especially for motor vehicle. ADVANTAGE - Manufacturing tolerances cause only minimal inaccuracies in control and/or regulation of the internal combustion engine. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a block diagram representation of an inventive internal combustion engine fuel tank 1 high pressure pump 16 pressure reservoir 17 pressure regulating valve 18 controller 20  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: HAMMER J; KELLNER A; PFAEFFLE A;  
FA: DE10131507-A1 23.01.2003; GB2378773-B 23.07.2003;  
GB2378773-A 19.02.2003; JP2003056396-A 26.02.2003;  
DE10131507-C2 24.07.2003;  
CO: DE; GB; JP;  
IC: F02D-041/20; F02D-041/38; F02D-045/00; F02M-037/00;  
F02M-063/00;  
MC: T01-J06B; X22-A03A1;  
DC: Q52; Q53; T01; X22;  
FN: 2003202441.gif  
PR: DE1031507 02.07.2001;  
FP: 23.01.2003  
UP: 02.09.2003

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 101 31 507 A 1

⑮ Int. Cl. 7:  
**F 02 D 41/38**  
F 02 M 63/00

⑯ Aktenzeichen: 101 31 507.4  
⑯ Anmeldetag: 2. 7. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 23. 1. 2003

DE 101 31 507 A 1

⑰ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
⑰ Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188 Stuttgart

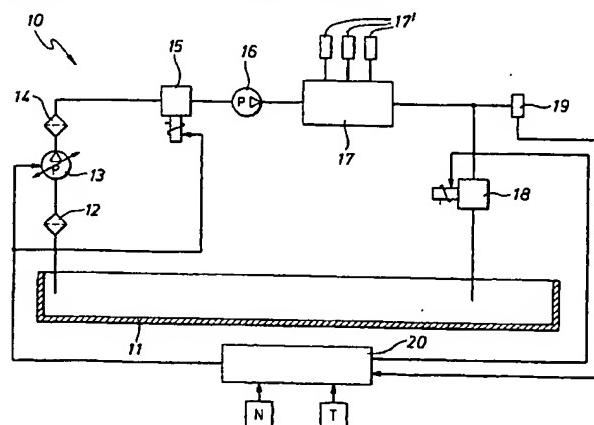
⑰ Erfinder:  
Pfaeffle, Andreas, 71543 Wüstenrot, DE; Kellner, Andreas, 71696 Möglingen, DE; Hammer, Juergen, Dr., 70734 Fellbach, DE  
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 197 57 655 A1  
DE 197 57 594 A1  
DE 197 31 994 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

⑯ Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs beschrieben, bei dem Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe (16) in einen Druckspeicher (17) gefördert wird. Der Druck in dem Druckspeicher (17) wird mittels eines Druckregelventils (18) begrenzt. Eine individuelle Kennlinie des Druckregelventils (18) wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine ermittelt.



DE 101 31 507 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe in einen Druckspeicher gefördert wird, und bei dem der Druck in dem Druckspeicher mittels eines Druckregelventils begrenzt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Brennkraftmaschine sowie ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine der entsprechenden Art.

[0002] Zur Steuerung und/oder Regelung einer derartigen Brennkraftmaschine ist es erforderlich, dass das Verhalten des Druckregelventils, insbesondere dessen Abhängigkeit von dem Strom, mit dem es angesteuert wird, bekannt ist. Dies ist letztlich durch die Ermittlung einer Kennlinie des Druckregelventils möglich.

[0003] Da jedoch unterschiedliche Druckregelventile aufgrund von Fertigungsstreuungen üblicherweise auch unterschiedliche Kennlinien besitzen, ist es bekannt, aus einer Mehrzahl von Druckregelventilen durch vorab durchgeführte Messungen eine statistisch gemittelte Kennlinie zu ermitteln und diese unter Hinzunahme eines Toleranzbereiches beim Betrieb der Brennkraftmaschine zu verwenden. Durch den Toleranzbereich ergeben sich jedoch Ungenauigkeiten bei der Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine.

## Aufgabe und Vorteile der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs zu schaffen, bei dem die Fertigungsstreuungen der Druckregelventile nur zu möglichst geringen Ungenauigkeiten bei der Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine führen.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine individuelle Kennlinie des Druckregelventils während des Betriebs der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Bei einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine sowie bei einer Brennkraftmaschine wird die Aufgabe erfindungsgemäß entsprechend gelöst.

[0006] Durch die Ermittlung der individuellen Kennlinie des tatsächlich verwendeten Druckregelventils ist es nicht mehr erforderlich, den vorgenannten Toleranzbereich vorzusehen. Aufgrund der individuell ermittelten Kennlinie spielen die Fertigungsstreuungen keine Rolle mehr. Die gesamte Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine wird damit wesentlich genauer.

[0007] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, bei dem eine statistisch gemittelte Kennlinie aus einer Mehrzahl von Druckregelventilen ermittelt wird, wird die individuelle Kennlinie aus der statistisch gemittelten Kennlinie ermittelt.

[0008] Dies bedeutet, dass zuerst eine statistisch gemittelte Kennlinie aus entsprechenden Messungen von einer Mehrzahl von Druckregelventilen abgeleitet wird. Dann wird während des Betriebs der Brennkraftmaschine auf der Grundlage dieser statistisch gemittelten Kennlinie die individuelle Kennlinie des vorhandenen Druckregelventils bestimmt. Mit dieser individuellen Kennlinie wird dann die Brennkraftmaschine gesteuert und/oder geregelt.

[0009] Bei einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Punkt der individuellen Kennlinie im Leerlauf der Brennkraftmaschine ermittelt. Bei einer zweiten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein

Punkt der individuellen Kennlinie bei Nennlast der Brennkraftmaschine ermittelt.

[0010] Dabei ist es zweckmäßig, wenn dem Druckregelventil ein Strom gemäß der statistisch gemittelten Kennlinie zugeführt wird, und wenn aus der Abweichung insbesondere des Drucks in dem Druckspeicher von einem erwünschten Druck auf einen Korrekturwert geschlossen wird.

[0011] Bei einer dritten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Punkt der individuellen Kennlinie in demjenigen Betriebsmodi ermittelt wird, in dem das Druckregelventil nur zur Druckbegrenzung verwendet wird.

[0012] Dabei ist es zweckmäßig, wenn dem Druckregelventil ein Strom für einen Punkt der statistisch gemittelten Kennlinie zugeführt wird, wenn dieser Strom vermindert wird, wenn der Druck in dem Druckspeicher ermittelt wird, bei dem das Druckregelventil erstmals öffnet, und wenn aus diesem Druck auf einen Korrekturwert geschlossen wird.

[0013] Dabei kann der Druck, bei dem das Druckregelventil erstmals öffnet, anhand einer Veränderung der von der Zumessinheit dem Druckspeicher zugeführten Kraftstoffmenge ermittelt werden.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die individuelle Kennlinie und/oder die statistisch gemittelte Kennlinie abhängig sind von dem Druck in dem Druckspeicher und dem Druckregelventil zugeführten Strom.

[0015] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Computerprogramms, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist.

[0016] Das Computerprogramm weist Programmcode auf, der dazu geeignet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird. Weiterhin kann der Programmcode auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sein, beispielsweise auf einem so genannten Flash-Memory. In diesen Fällen wird also die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so dass dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist.

[0017] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

## Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0018] Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug,

[0019] Fig. 2a zeigt ein schematisches Diagramm einer Kennlinie eines Druckregelventils der Brennkraftmaschine der Fig. 1 nach dem Stand der Technik,

[0020] Fig. 2b zeigt ein schematisches Diagramm eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kennlinie des Druckregelventils der Brennkraftmaschine nach der Fig. 1, und

[0021] Fig. 3 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung der Kennlinie nach der Fig. 2b.

[0022] In der Fig. 1 ist ein Kraftstoffversorgungssystem 10 einer Brennkraftmaschine dargestellt. Das Kraftstoffversorgungssystem 10 wird üblicherweise auch als Common-

Rail-System bezeichnet und ist zur direkten Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine unter Hochdruck geeignet.

[0022] Der Kraftstoff wird aus einem Kraftstofftank 11 über ein erstes Filter 12 von einer Vorförderpumpe 13 angesaugt. Bei der Vorförderpumpe 13 kann es sich bspw. um eine elektrische Kraftstoffpumpe handeln.

[0023] Der von der Vorförderpumpe 13 angesaugte Kraftstoff wird über ein zweites Filter 13 zu einer Zumesseinheit 15 gefördert. Bei der Zumesseinheit 15 kann es sich bspw. um ein magnetgesteuertes Proportionalventil handeln.

[0024] Der Zumesseinheit 15 ist eine Hochdruckpumpe 16 nachgeordnet. Als Hochdruckpumpe 16 werden üblicherweise mechanische Pumpen eingesetzt, die von der Brennkraftmaschine angetrieben werden.

[0025] Die Hochdruckpumpe 16 ist mit einem Druckspeicher 17 verbunden, der häufig auch als Rail bezeichnet wird. Dieser Druckspeicher 17 steht über Kraftstoffleitungen mit Einspritzventilen 17' in Kontakt. Über die Einspritzventile 17' wird der Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt.

[0026] Mit dem Druckspeicher 17 ist ein Druckregelventil 18 verbunden, das ausgangsseitig mit dem Kraftstofftank 11 gekoppelt ist. Bei dem Druckregelventil 18 kann es sich bspw. um ein elektrisch ansteuerbares Magnetventil handeln.

[0027] Weiterhin kann ein Drucksensor 19 vorgesehen sein, der mit dem Druckspeicher 17 gekoppelt ist.

[0028] Ein Steuergerät 20 ist vorgesehen, das von einer Mehrzahl von Eingangssignalen beaufschlagt ist. Bei diesen Eingangssignalen kann es sich um die Drehzahl N der Brennkraftmaschine oder die Motortemperatur T der Brennkraftmaschine handeln. Ebenfalls kann es sich dabei um den Druck innerhalb des Kraftstoffspeichers 17 handeln, der von dem Drucksensor 19 gemessen wird.

[0029] In Abhängigkeit von den Eingangssignalen erzeugt das Steuergerät 20 eine Mehrzahl von Ausgangssignalen. Dabei kann es sich bspw. um ein Signal zur Ansteuerung der Vorförderpumpe 13 oder um ein Signal zur Ansteuerung der Zumesseinheit 15 oder um ein Signal zur Ansteuerung des Druckregelventils 18 handeln.

[0030] Das Kraftstoffversorgungssystem 10, das in der Fig. 1 dargestellt ist, arbeitet wie folgt:

Der Kraftstoff, der sich im Kraftstofftank 11 befindet, wird von der Vorförderpumpe 13 angesaugt und zur Zumesseinheit 15 gefördert. Der Druck in diesem Bereich des Kraftstoffversorgungssystems 10 liegt üblicherweise in einem Bereich von etwa 1 bar bis etwa 3 bar. Dieser Bereich wird deshalb auch als Niederdruckbereich bezeichnet. Der vorgenannte Bereich kann dabei mit Hilfe eines weiteren, in der Fig. 1 nicht dargestellten Ventils überwacht bzw. gesteuert und/oder geregelt werden.

[0031] Von der Zumesseinheit 15 wird diejenige Menge an Kraftstoff zu der Hochdruckpumpe 16 weitergegeben, die – aufgrund des jeweils momentanen Betriebszustands der Brennkraftmaschine – über die Einspritzventile 17' in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden soll. Von der Hochdruckpumpe 16 wird dann der einzuspritzende Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher 17 gefördert, um von dort über die Einspritzventile 17' in die jeweiligen Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt zu werden.

[0032] Während der vorbeschriebenen Betriebsweise der Brennkraftmaschine wird das Druckregelventil 18 zur Druckbegrenzung eingesetzt. Dies bedeutet, dass das Druckregelventil 18 derart angesteuert wird, dass es bei einem vorgegebenen Druck in dem Druckspeicher 17 öffnet. Auf diese Weise wird ein Druckanstieg des Drucks in dem

Druckspeicher 17 über den vorgegebenen Wert verhindert. [0033] Insbesondere bei niederen Kraftstofftemperaturen ist die Zumesseinheit 15 nur bedingt möglich. Es wird dann stattdessen die Zumesseinheit 15 derart angesteuert, dass eine sog. Vollförderung stattfindet. Dies bedeutet, dass die Hochdruckpumpe 16 entsprechend ihrer Kennlinie die jeweils maximale Kraftstoffmenge in den Kraftstoffspeicher 17 fördert.

[0034] Bei dieser Betriebsweise wird die einzuspritzende Kraftstoffmenge dadurch beeinflusst, dass der Druck in dem Druckspeicher 17 gesteuert und/oder geregelt wird. Hierzu werden das Druckregelventil 18 und der Drucksensor 19 herangezogen.

[0035] Wie beschrieben wurde, wird das Druckregelventil 18 auch zur Druckbegrenzung eingesetzt. Bei dieser Betriebsweise wird, wie ebenfalls bereits erwähnt wurde, das Druckregelventil 18 derart angesteuert, dass es erst bei einem vorgegebenen Wert des Drucks in dem Druckspeicher

20 17 öffnet. Damit das Druckregelventil 18 korrekt angesteuert werden kann, ist dabei dessen Kennlinie von Bedeutung.

[0036] In der Fig. 2a ist eine Kennlinie des Druckregelventils 18 dargestellt. Bei der gezeigten Kennlinie ist der Druck P über dem Strom I aufgetragen. Bei dem Druck P handelt es sich um den Druck im Druckspeicher 17. Bei dem Strom I handelt es sich um denjenigen Strom, mit dem das Steuergerät 20 das Druckregelventil 18 ansteuert.

[0037] Die Kennlinie des Druckregelventils 18 ist in der Fig. 2a mit dem Bezugszeichen 21 gekennzeichnet. Bei dieser Kennlinie 21 handelt es sich um eine statistisch gemittelte Kennlinie, die aus einer Mehrzahl von tatsächlich ausgemessenen Druckregelventilen ermittelt worden ist. Es wurden also bei einer Mehrzahl von Druckregelventilen der Druck P bei sich änderndem Strom I gemessen, um daraufhin die Kennlinie 21 als statistischen Mittelwert zu berechnen.

[0038] Aufgrund von Fertigungstoleranzen, wie auch aufgrund von sonstigen Einflüssen unterscheidet sich die tatsächliche Kennlinie eines bestimmten Druckregelventils 40 von der Kennlinie 21 der Fig. 2a, da diese – wie erwähnt – nur einen statistischen Mittelwert einer Mehrzahl von Kennlinien von Druckregelventilen darstellt. Dieser Unterschied der tatsächlichen Kennlinie eines bestimmten Druckregelventils von der Kennlinie 21 der Fig. 2a wird dadurch berücksichtigt, dass in der Fig. 2a ein Toleranzbereich T vorgesehen ist. Dieser Toleranzbereich T besteht aus Bereichen 45 a und b zu beiden Seiten der Kennlinie 21. Es ergibt sich damit der Toleranzbereich T, der durch die Grenzkennlinien 22, 23 festgelegt ist.

[0039] Wie erläutert wurde, wird das Druckregelventil 18 der Fig. 1 auch zur Druckbegrenzung verwendet. Bei dieser Betriebsweise ist es erforderlich, dass das Druckregelventil 18 bis zum Erreichen des vorgesehenen Wertes, bei dem das Druckregelventil 18 öffnen soll, sicher geschlossen bleibt.

[0040] Aufgrund der Toleranzen von unterschiedlichen Druckregelventilen besteht die Möglichkeit, dass die tatsächliche Kennlinie eines dieser Druckregelventile mit der Grenzkennlinie 23 der Fig. 2a übereinstimmt. Damit auch in diesem Fall gewährleistet ist, dass das Druckregelventil 18

60 bis zu dem erwünschten Wert, bei dem es öffnen soll, sicher verschlossen bleibt, ist in der Fig. 2a ein Sicherheitsbereich S vorgesehen. Dieser Sicherheitsbereich S schließt sich an die Grenzkennlinie 23 an. Hierzu ist zu ergänzen, dass das Druckregelventil 18 offen ist, wenn der Strom I gegen Null geht, und dass das Druckregelventil 18 geschlossen wird, wenn der Strom I vergrößert wird.

[0041] Wenn somit das Druckregelventil 18 – wie erwähnt – zur Druckbegrenzung verwendet wird, wird der er-

wünschte Wert, bei dem das Druckregelventil 18 öffnen soll, dadurch eingestellt, dass gemäß der Fig. 2a zuerst der zu dem erwünschten Wert über die Kennlinie 21 zugehörige Strom I ermittelt wird, um dann den zu diesem Strom I zugehörigen Toleranzbereich T zu ermitteln, und um schließlich zu der daraus resultierenden Grenzkennlinie 23 den zugehörigen Sicherheitsbereich S hinzuzuaddieren. Es wird also – gemäß der Fig. 2a – zu der Kennlinie 21 zuerst der Bereich b des Toleranzbereichs T hinzzuaddiert, um daraufhin noch zusätzlich den Sicherheitsbereich S hinzuzuaddieren. Der aus dieser Berechnung ermittelte Strom I wird dann an dem Druckregelventil 18 eingestellt.

[0042] Der Nachteil der im Zusammenhang mit der Fig. 2a beschriebenen Vorgehensweise besteht insbesondere darin, dass aufgrund des Toleranzbereiches T eine relativ große Ungenauigkeit bei der Einstellung des Stromes I entsteht. Diese Ungenauigkeit kann bspw. zu Problemen führen, wenn das Druckregelventil 18 zur Druckbegrenzung verwendet wird. Insbesondere ist es möglich, dass das Druckregelventil bei dieser Betriebsweise dann viel zu spät, also bei einem viel zu großen Druck im Druckspeicher 17 erst öffnet.

[0043] An dieser Stelle soll ergänzt werden, dass der Druck, bei dem das Druckregelventil 18 öffnen soll, beispielsweise 1600 bar betragen kann, und dass der Toleranzbereich T und/oder der Sicherheitsbereich S in diesem Fall jeweils etwa 200 bar betragen kann.

[0044] In der Fig. 2b ist ein weiteres Diagramm des Druckregelventils 18 dargestellt. In dem Diagramm ist der Druck P über dem Strom I aufgetragen. Bei dem Druck P handelt es sich um den Druck in dem Druckspeicher 17. Bei dem Strom I handelt es sich um denjenigen Strom, mit dem das Drucksteuerventil 18 von dem Steuergerät 20 angesteuert wird.

[0045] In der Fig. 2b ist nur eine einzige Kennlinie dargestellt, die mit dem Bezugssymbol 24 gekennzeichnet ist. Bei der Kennlinie 24 handelt es sich um eine statistisch gemittelte und nachfolgend individuell korrigierte Kennlinie für ein bestimmtes Druckregelventil. Insoweit basiert die Kennlinie 24 der Fig. 2b auf der Kennlinie 21 der Fig. 2a.

[0046] Im Unterschied zur Fig. 2a ist jedoch die Kennlinie 24 der Fig. 2b – wie erwähnt und wie nachfolgend erläutert – einer Korrektur unterzogen worden. Wesentlich ist, dass es sich bei dem Ausgangspunkt der Kennlinie 24, also bei der Kennlinie 21 der Fig. 2a, um eine statistisch gemittelte Kennlinie handelt, die also aus einer Mehrzahl von tatsächlich ausgemessenen Druckregelventilen ermittelt worden ist, und dass es sich im Unterschied dazu bei der Kennlinie 24 um eine individuelle Kennlinie handelt, die nur für ein bestimmtes Druckregelventil Gültigkeit hat. Dies ergibt sich daraus, dass die bereits erwähnte Korrektur anhand eines bestimmten Regelventils durchgeführt worden ist und damit auch nur für dieses bestimmte Regelventil Gültigkeit hat.

[0047] Ausgangspunkt der Kennlinie 24 der Fig. 2b ist – wie gesagt – die statistisch gemittelte Kennlinie 21 der Fig. 2a. Im Betrieb der Brennkraftmaschine der Fig. 1 wird nun mehr für das dort vorhandene Druckregelventil 18 die genannte Korrektur durchgeführt. Hierzu wird in denjenigen Betriebsweise, in der die Zumesseinheit 15 vollständig geöffnet ist, und in der die Zumessung von Kraftstoff über das Druckregelventil 18 mit Hilfe des Drucksensors 19 gesteuert und/oder geregelt wird, die vorgenannte Korrektur der Kennlinie 21 durchgeführt.

[0048] Hierzu wird die Brennkraftmaschine in einem ersten Punkt der Kennlinie 21 betrieben. Bei diesem Punkt kann es sich bspw. um den Leerlauf der Brennkraftmaschine handeln. Im Leerlauf der Brennkraftmaschine muss relativ wenig Kraftstoff in die Brennräume eingespritzt werden.

Dies bedeutet, dass bei vollständig geöffneter Zumesseinheit 15 relativ viel Kraftstoff über das Druckregelventil 18 wieder in den Kraftstofftank 11 zurückgeführt werden muss. Das Druckregelventil 18 muss daher relativ weit geöffnet sein. Dies ist gleichbedeutend damit, dass ein relativ geringer Druck in dem Druckspeicher 17 vorhanden ist. Der Leerlauf der Brennkraftmaschine kann deshalb beispielhaft in demjenigen ersten Punkt erreicht werden, der in den Fig. 2a und 2b mit dem Bezugssymbol 25 gekennzeichnet ist.

[0049] Wie erwähnt, wird nun mehr dieser erste Punkt 25 auf der Kennlinie 21 der Fig. 2a angefahren. Zu diesem Zweck wird das Druckregelventil 18 mit dem zugehörigen Strom I beaufschlagt. Dies hat einen bestimmten Druck P gemäß der Kennlinie 21 der Fig. 2a zur Folge. Aufgrund dieses Drucks im Druckspeicher 17 wird eine bestimmte Kraftstoffmenge über die Einspritzventile 17' in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt. Dies hat dann eine bestimmte Drehzahl der Brennkraftmaschine zur Folge.

[0050] Es wird nun mehr der Druck in dem Druckspeicher 17 derart gesteuert und/oder geregelt, dass sich ein erwünschter Druck in dem Druckspeicher 17 einstellt. Aus dieser Beeinflussung des Drucks in dem Druckspeicher 17 wird dann ein Korrekturwert ermittelt, der zur Korrektur der Kennlinie 21 herangezogen wird. Dieser Korrekturwert wird abgespeichert.

[0051] Vorzugsweise wird der I-Anteil des Druckreglers für den Druck in dem Druckspeicher 17 als Wert der Abweichung des vorhandenen, bestimmten Druckregelventils von der Kennlinie 21 der Fig. 2a herangezogen, um daraus dann den Korrekturwert zu bilden.

[0052] In entsprechender Weise wird daraufhin in einem zweiten Punkt dasselbe Verfahren nochmals durchgeführt. Bei diesem zweiten Punkt kann es sich bspw. um die Nennlast der Brennkraftmaschine handeln. Bei dieser Nennlast der Brennkraftmaschine muss viel Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden. Bei vollständig geöffneter Zumesseinheit 15 muss daher relativ wenig oder gar kein Kraftstoff über das Druckregelventil 18 in den Kraftstofftank 11 zurückgeführt werden. Das Druckregelventil 18 muss daher nahezu oder gar vollständig geschlossen sein. Dies wird dadurch erreicht, dass der Strom I, mit dem das Druckregelventil 18 angesteuert wird, groß ist. Dies führt dann gemäß der Kennlinie des Druckregelventils 18 zu einem großen Druck P. Dieser große Druck in dem Druckspeicher 17 hat dann zufolge, dass eine große Kraftstoffmenge über die Einspritzventile 17' in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

[0053] In den Fig. 2a und 2b ist der zweite Punkt beispielhaft eingezeichnet und mit dem Bezugssymbol 26 gekennzeichnet.

[0054] Es wird daraufhin der genannte zweite Punkt 26 angefahren. Daraufhin wird der Druck in dem Druckspeicher 17 derart gesteuert und/oder geregelt, dass sich ein erwünschter Druck einstellt. Aus dieser Beeinflussung des Drucks in dem Druckspeicher 17 wird dann wiederum ein Korrekturwert ermittelt, der zur Korrektur der Kennlinie 21 herangezogen wird.

[0055] Diese Korrektur erfolgt dabei in derselben Weise, wie dies bereits beschrieben wurde. Es wird somit ein Korrekturwert abgespeichert, der letztlich der Abweichung des vorhandenen, bestimmten Druckregelventils 18 von der Kennlinie 21 entspricht.

[0056] Ggf. ist es möglich, auch noch weitere Punkte auf der Kennlinie 21 anzufahren und jeweils das vorbeschriebene Verfahren durchzuführen. Auf diese Weise können mehrere Korrekturwerte ermittelt werden.

[0057] Insgesamt kann daraufhin auf der Grundlage der Kennlinie 21 der Fig. 2a und der für die vorhandene, be-

stimmte Brennkraftmaschine ermittelten Korrekturwerte nunmehr die Kennlinie 24 der Fig. 2b für das vorhandene Druckregelventil 18 der Fig. 1 ermittelt werden. Bei dieser Kennlinie 24 handelt es sich insoweit um die mit Hilfe der ermittelten Korrekturwerte korrigierte Kennlinie 21 der Fig. 2a. Wie bereits erwähnt wurde, handelt es sich bei der Kennlinie 24 um die Kennlinie eines individuellen Druckregelventils 18, die auf die vorbeschriebene Art und Weise ermittelt werden kann.

[0058] In demjenigen Bereich, in dem das Druckregelventil 18 nahezu vollständig geschlossen ist, also in dem besonders kleine Mengen an Kraftstoff durch das Druckregelventil 18 hindurchfließen können, besteht die Möglichkeit, dass die Kennlinie 21 der Fig. 2a Nicht-Linearitäten aufweist. Dabei ist es weiterhin möglich, dass diese Nicht-Linearitäten mit dem beschriebenen Verfahren nicht oder zumindest nicht genau korrigiert werden können. Zu diesem Zweck ist ein weiteres Verfahren vorgesehen, das insbesondere darauf ausgerichtet ist, mögliche Nicht-Linearitäten der Kennlinie 21 im Bereich von kleinen Durchflussmengen des Druckregelventils 18 zu korrigieren.

[0059] Bei diesem Verfahren wird die Brennkraftmaschine in derjenigen Betriebsweise betrieben, in der das Druckregelventil 18 nur zur Druckbegrenzung verwendet wird. Die zuzumessende Kraftstoffmenge wird bei dieser Betriebsweise mittels der Zumesseinheit 15 gesteuert und/oder geregelt.

[0060] Die Brennkraftmaschine wird nunmehr in einem Bereich der Kennlinie 21 betrieben, in dem das Druckregelventil 18 sicher geschlossen ist. Der Strom I durch das Druckregelventil 18 wird also derart groß gewählt, dass das Druckregelventil 18 in jedem Fall keinen Kraftstoff durchlässt.

[0061] Danach wird der Strom I zu dem Druckregelventil 18 vermindert. Dies hat zur Folge, dass auch der Druck P, dem das Druckregelventil 18 standhalten kann, immer geringer wird. Erreicht nunmehr dieser Druck P denjenigen Druck, der im Druckspeicher 17 der Brennkraftmaschine vorhanden ist, so hat dies zur Folge, dass das Druckregelventil 18 bei einer weiteren Verminderung des Stroms I sich zumindest geringfügig öffnet. Dieses Öffnen resultiert daraus, dass durch das weitere Vermindern des Stroms I der Druck in dem Druckspeicher 17 größer wird als der zu dem verminderten Strom I zugehörige Druck P, dem das Druckregelventil 18 standhalten kann.

[0062] Sofern sich die Brennkraftmaschine bei dem vorbeschriebenen Verfahren in einem eingeschwungenen bzw. stationären Zustand befindet, dann hat das geringfügige Öffnen des Druckregelventils 18 zur Folge, dass die Zumesseinheit 15 mehr Kraftstoff zumessen muss, um diesen eingeschwungenen bzw. stationären Zustand beizubehalten. Diese Veränderung der Zumesseinheit 15 kann dann dazu herangezogen werden, um eine Korrektur der Kennlinie 21 der Fig. 2a vorzunehmen. Insbesondere kann aus dem Strom I, der in diesem Moment das Druckregelventil 18 beaufschlagt, über die Kennlinie 21 auf den zugehörigen Druck P geschlossen werden. Dieser Druck P kann dann mit demjenigen Druck in dem Druckspeicher 17 verglichen werden, der bspw. mit Hilfe des Drucksensors 19 gemessen wird. Aus der Differenz kann dann ein Korrekturwert ermittelt werden, der den über die Kennlinie 21 ermittelten Druck P und den mit Hilfe des Drucksensors 19 gemessenen Druck in dem Druckspeicher 17 zur Übereinstimmung bringt. Dieser Korrekturwert kann dann wiederum abgespeichert und zur Ermittlung der Kennlinie 24 der Fig. 2b verwendet werden.

[0063] Auf diese Weise ist es möglich, die Kennlinie 24 der Fig. 2b über ihren gesamten Verlauf relativ genau zu be-

rechnen.

[0064] Wie bereits erwähnt wurde, handelt es sich dabei bei der Kennlinie 24 um eine Kennlinie, die einem individuellen Druckregelventil 18 zugehörig ist. Aufgrund dieser Individualität der Kennlinie 24 ist es nicht mehr erforderlich, einen Toleranzbereich T, wie er in der Fig. 2a vorhanden ist, vorzusehen. Stattdessen kann dieser Toleranzbereich T in der Fig. 2b ersatzlos entfallen.

[0065] Damit ist es nur noch erforderlich, den Sicherheitsbereich S vorzusehen und den einzelnen Werten der Kennlinie 24 zuzufügen. Wenn also zu dem Druckregelventil 18 der Brennkraftmaschine der Fig. 1 auf die beschriebene Art und Weise die zugehörige individuelle Kennlinie 24 ermittelt worden ist, so muss danach im Betrieb der Brennkraftmaschine nur noch der Sicherheitsbereich S zusätzlich berücksichtigt werden. Wenn also die Brennkraftmaschine bspw. in derjenigen Betriebsweise betrieben wird, in der das Druckregelventil 18 nur zur Druckbegrenzung verwendet wird, so ist es in diesem Fall ausreichend, wenn zu dem erwünschten Wert, auf den das Druckregelventil 18 eingestellt werden soll, zusätzlich nur noch der Sicherheitsbereich S hinzuaddiert wird. Ein Toleranzbereich oder dergleichen ist nicht zu berücksichtigen. Die gesamte Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine wird aufgrund des nicht mehr zu berücksichtigenden Toleranzbereiches wesentlich genauer.

[0066] In der Fig. 3 ist das beschriebene Verfahren zur Ermittlung der Kennlinie 24 der Fig. 2b nochmals anhand eines Ablaufplans dargestellt.

[0067] Ein Schritt 27 stellt den Ausgangspunkt des Verfahrens dar. Bei diesem Ausgangspunkt kann es sich entweder um diejenige Betriebsweise handeln, in der die Zumesseinheit 15 vollständig geöffnet ist und die Steuerung und/oder Regelung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge mit Hilfe des Druckregelventils 18 durchgeführt wird. Dies ist in der Fig. 3 als Regelung 1. Modus bezeichnet. Andererseits kann es sich auch um diejenige Betriebsweise handeln, in der das Druckregelventil 18 nur zur Druckbegrenzung verwendet wird. Diese Betriebsweise wird in der Fig. 3 als Regelung 2. Modus bezeichnet.

[0068] In einem Schritt 28 wird überprüft, ob aufgrund der Laufdauer der Brennkraftmaschine bereits ein Alterungseinfluss zu erwarten ist oder ob es sich um eine Erstkalibrierung der Brennkraftmaschine handelt. Liegt einer dieser beiden Fälle vor, so wird das beschriebene Verfahren nicht durchgeführt. Liegt keiner dieser Fälle vor, so wird das Verfahren mit dem Schritt 29 fortgesetzt.

[0069] In dem Schritt 29 wird überprüft, ob sich die Brennkraftmaschine in einem eingeschwungenen Zustand befindet und ob sich die Brennkraftmaschine auf einem Betriebspunkt der Kennlinie 21 der Fig. 2a befindet, zu dem ein Korrekturwert bestimmt werden soll. Ist dies nicht der Fall, so wird das Verfahren nicht fortgesetzt. Ist dies jedoch der Fall, so wird in einem Schritt 30 der zu dem angefahrenen Betriebspunkt der Kennlinie zugehörige Korrekturwert ermittelt. In einem Schritt 31 wird dann der berechnete Korrekturwert in einem Speicher des Steuergeräts 20 abgespeichert.

[0070] Dieses Verfahren der Fig. 3 wird in dem genannten ersten Modus wie auch in dem genannten zweiten Modus mehrmals durchgeführt, und zwar so lange, bis eine ausreichende Anzahl von Korrekturwerten vorhanden sind, um die Kennlinie 24 der Fig. 2b zu ermitteln. Danach wird die Brennkraftmaschine in den beiden Betriebsmodi mit Hilfe der Kennlinie 24 der Fig. 2b gesteuert und/oder geregelt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe (16) in einen Druckspeicher (17) gefördert wird, und bei dem der Druck in dem Druckspeicher (17) mittels eines Druckregelventils (18) begrenzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine individuelle Kennlinie (24) des Druckregelventils (18) während des Betriebs der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine statistisch gemittelte Kennlinie (21) aus einer Mehrzahl von Druckregelventilen (18) ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die individuelle Kennlinie (24) aus der statistisch gemittelten Kennlinie (21) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Punkt der individuellen Kennlinie (24) im Leerlauf der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Punkt der individuellen Kennlinie (24) bei Nennlast der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Druckregelventil (18) ein Strom (I) gemäß der statistisch gemittelten Kennlinie (21) zugeführt wird, und dass aus einer Abweichung einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine auf einen Korrekturwert geschlossen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Abweichung des Drucks in dem Druckspeicher (17) von einem erwünschten Druck ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Punkt der individuellen Kennlinie (24) in demjenigen Betriebsmodi ermittelt wird, in dem das Druckregelventil (18) nur zur Druckbegrenzung verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Druckregelventil (18) ein Strom (I) für einen Punkt der statistisch gemittelten Kennlinie (21) zugeführt wird, dass dieser Strom (I) vermindert wird, dass der Druck in dem Druckspeicher (17) ermittelt wird, bei dem das Druckregelventil (18) erstmals öffnet, und dass aus diesem Druck auf einen Korrekturwert geschlossen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck, bei dem das Druckregelventil (18) erstmals öffnet, anhand einer Veränderung der von der Zumesseinheit (15) dem Druckspeicher (17) zugeführten Kraftstoffmenge ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die individuelle Kennlinie (24) und/oder die statistisch gemittelte Kennlinie (21) abhängig sind von dem Druck (P) in dem Druckspeicher (17) und dem dem Druckregelventil (18) zugeführten Strom (I).
11. Computerprogramm für ein Steuergerät (20) einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit Programmcode, der dazu geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird.
12. Computerprogramm nach Anspruch 11, wobei der Programmcode auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.
13. Steuergerät (20) für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei bei der Brenn-

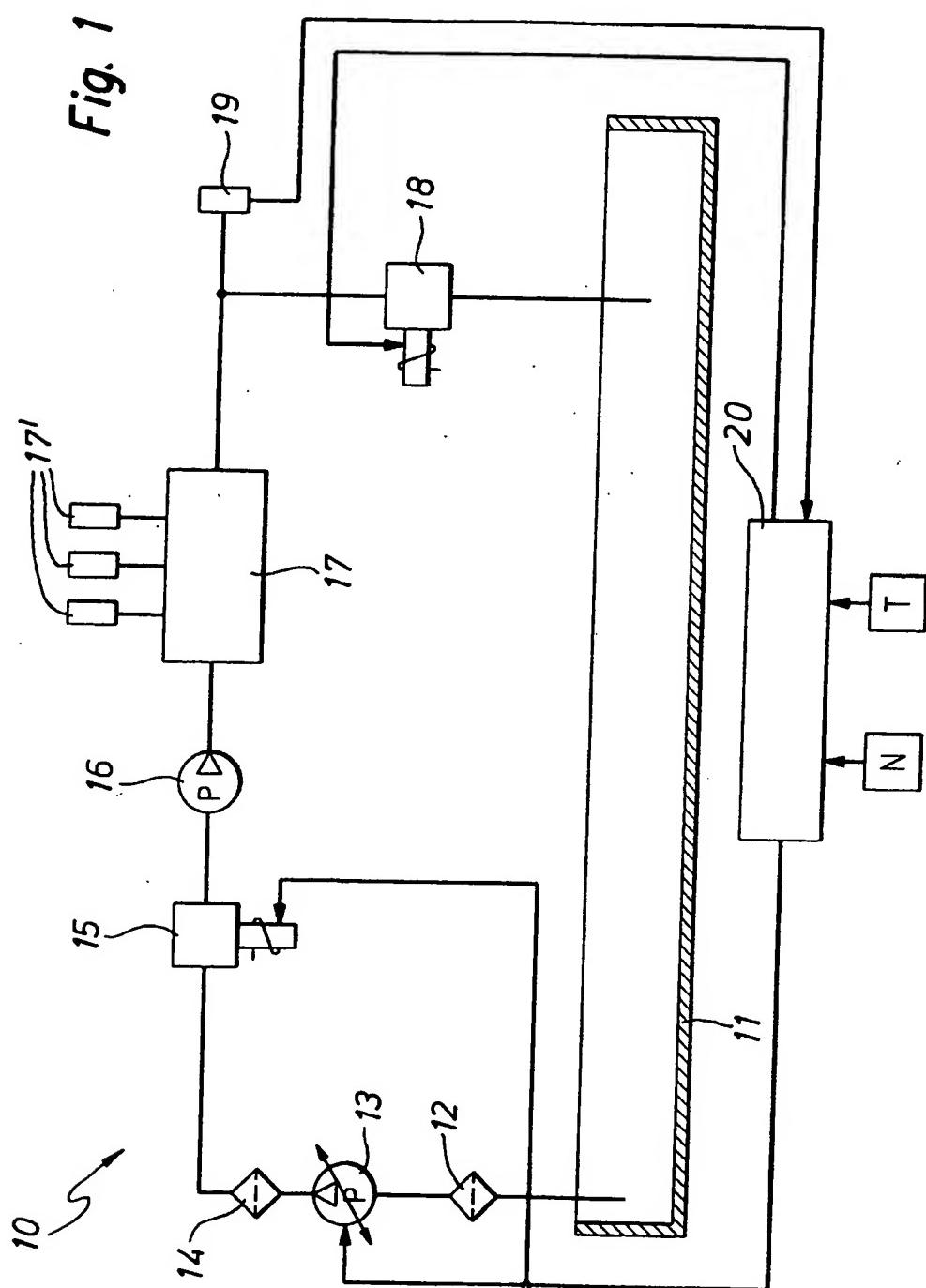
kraftmaschine Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe (16) in einen Druckspeicher (17) gefördert werden kann, und wobei der Druck in dem Druckspeicher (17) mittels eines Druckregelventils (18) begrenzt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Steuergerät (20) eine individuelle Kennlinie (24) des Druckregelventils (18) während des Betriebs der Brennkraftmaschine ermittelbar ist.

14. Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, wobei bei der Brennkraftmaschine Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe (16) in einen Druckspeicher (17) gefördert werden kann, und wobei der Druck in dem Druckspeicher (17) mittels eines Druckregelventils (18) begrenzt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Steuergerät (20) eine individuelle Kennlinie (24) des Druckregelventils (18) während des Betriebs der Brennkraftmaschine ermittelbar ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---



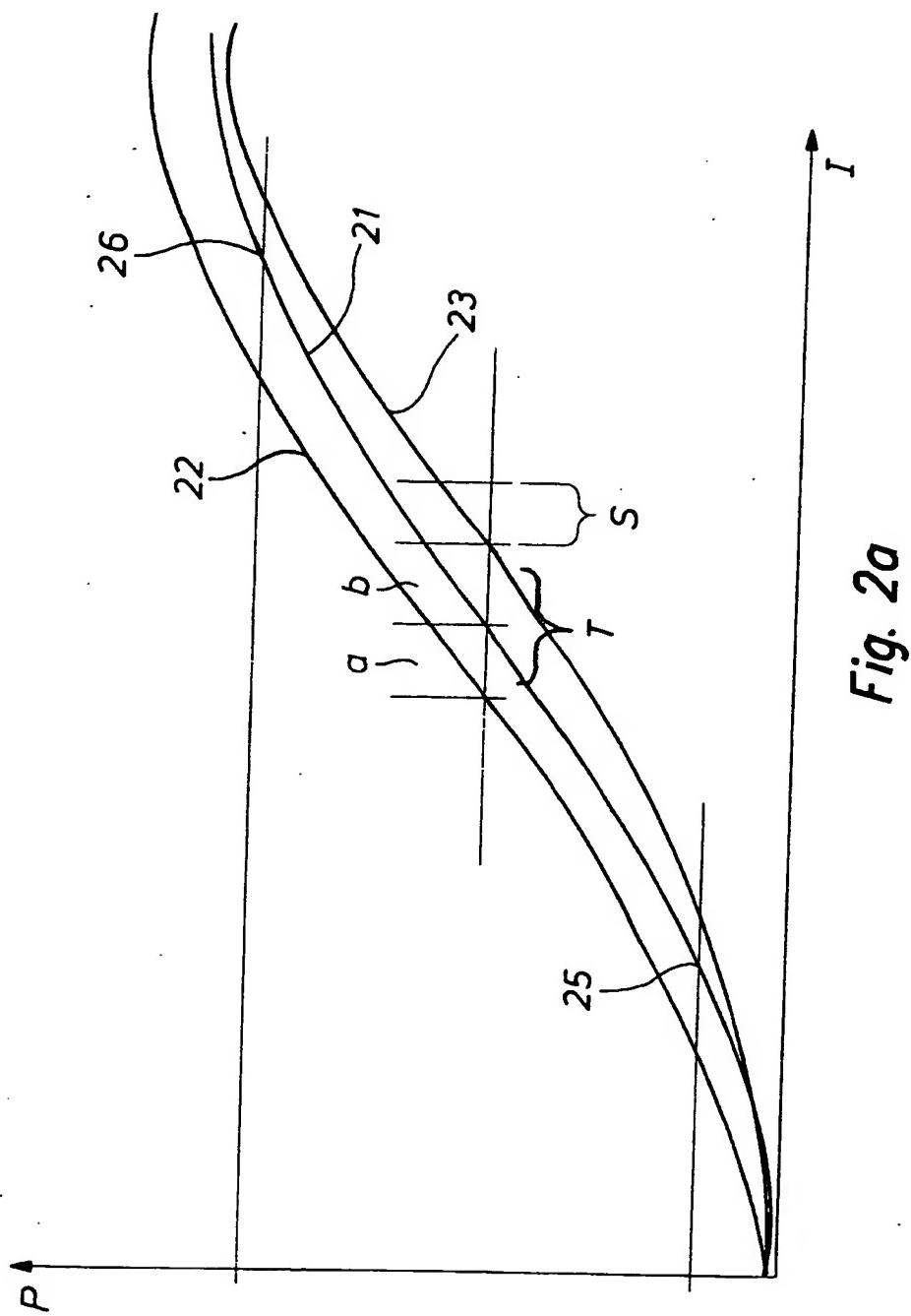


Fig. 2a

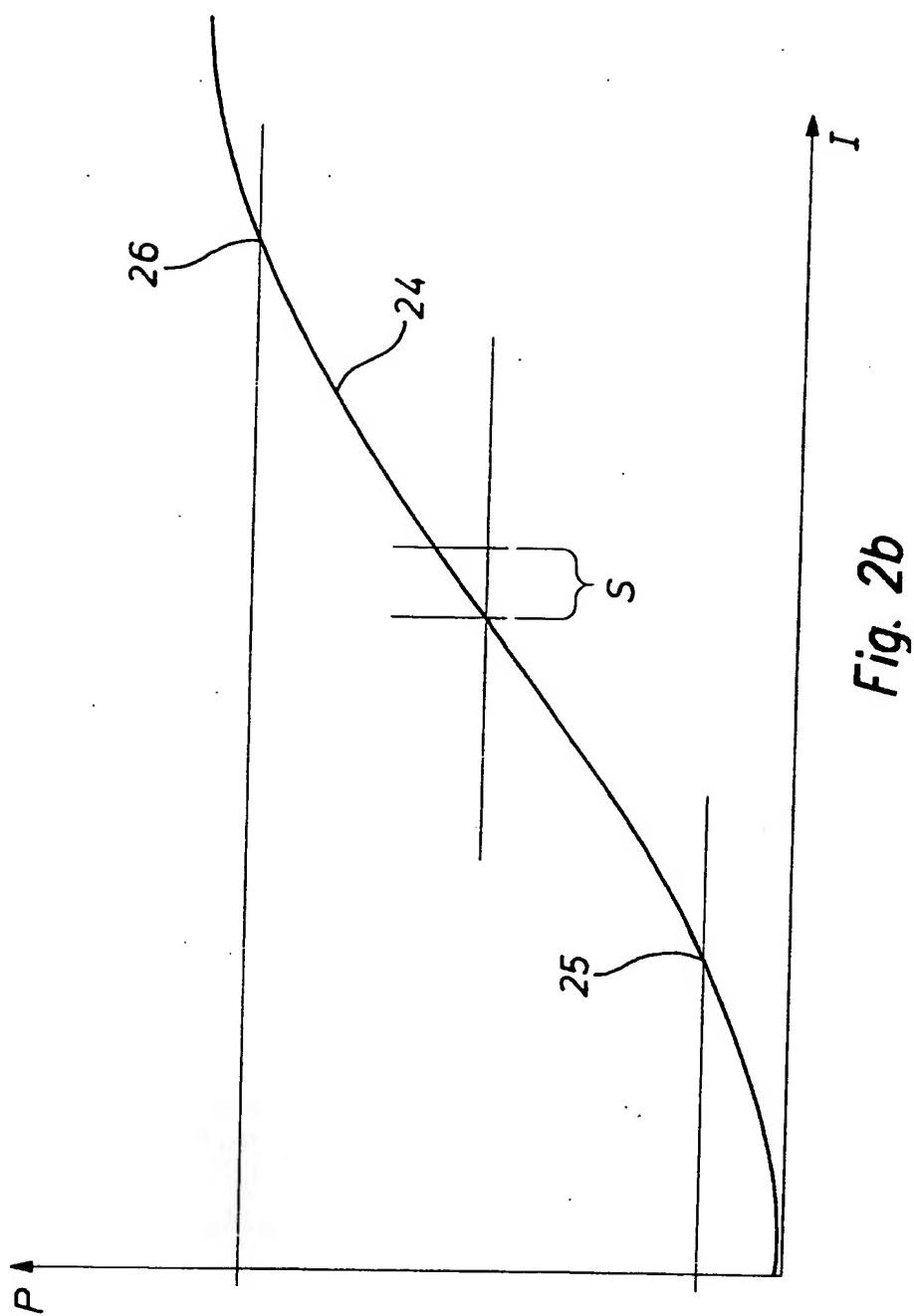


Fig. 2b

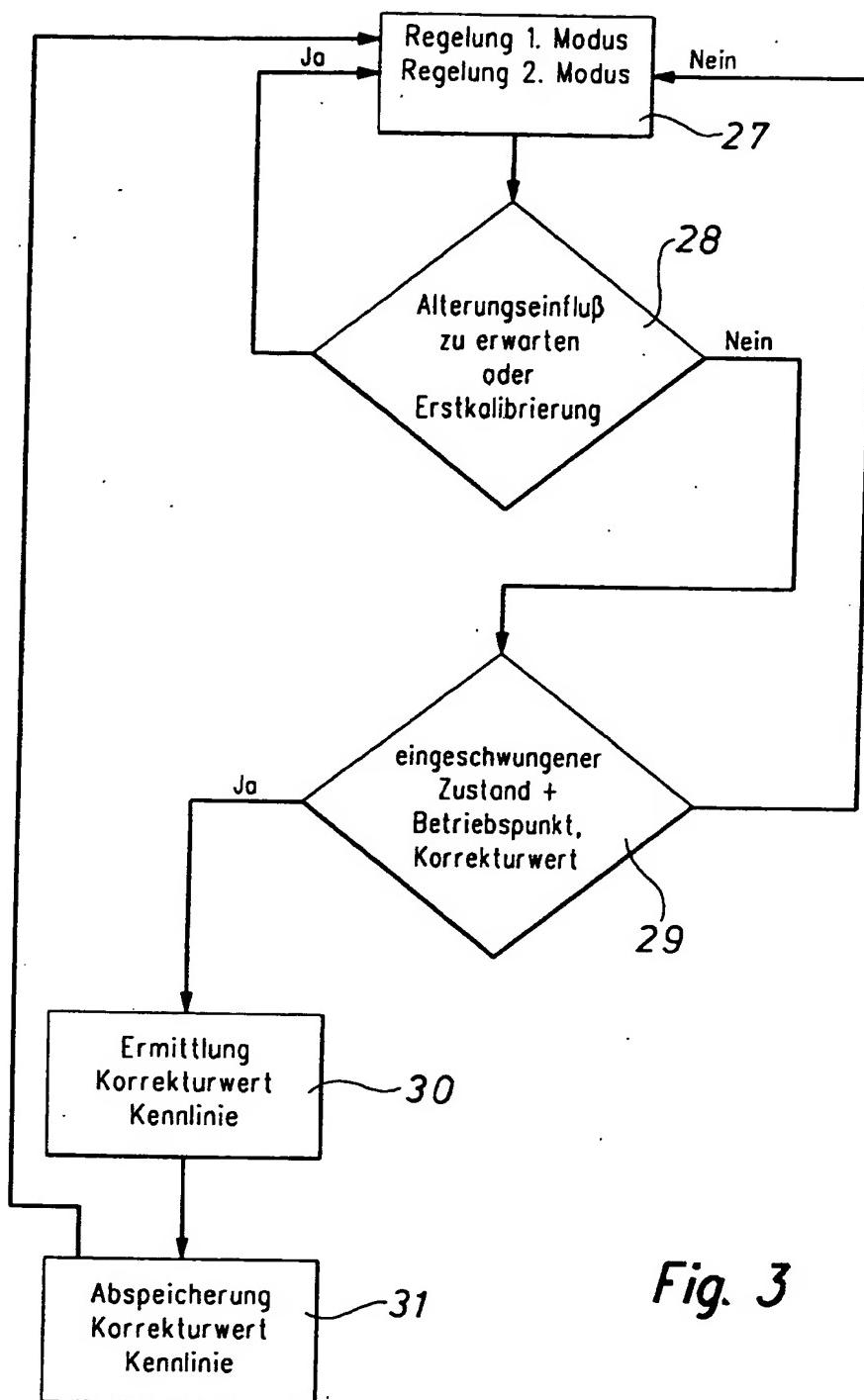


Fig. 3